

CLEANING METHOD OF LOW PRESSURE CVD EQUIPMENT

Publication number: JP8022981 (A)

Publication date: 1996-01-23

Inventor(s): SAKAMA MITSUNORI; FUKADA TAKESHI; SHIMADA HIROYUKI; TAKEMURA YASUHIKO

Applicant(s): SEMICONDUCTOR ENERGY LAB

Classification:

- international: C23C16/50; C23C16/515; C23F4/00; H01L21/205; H01L21/302; H01L21/3065; C23C16/50; C23F4/00; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/3065, C23C16/50, C23F4/00; H01L21/205

- European:

Application number: JP19940180948 19940707

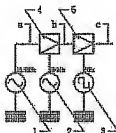
Priority number(s): JP19940180948 19940707

Also published as:

JP3078707 (B2)

Abstract of JP 8022981 (A)

PURPOSE:To effectively etch, in a short time, deposit in a chamber and on the periphery of a susceptor, by using pulses of very low frequency, and amplitude-modulating high frequency power to be applied to an electrode for inducing plasma discharge in the chamber. **CONSTITUTION:**An electrode for inducing plasma discharge is installed in a chamber. High frequency power is sent to an amplitude modulator 4 in the next stage, from a high frequency oscillator 1 which applies high frequency power to the electrode. The high frequency power is subjected to amplitude modulation by the amplitude modulator 4, according to a low frequency signal from a low frequency oscillator 2. In a pulse modulator 5, the modulated high frequency power is turned ON and OFF by a very low frequency from a pulse oscillator 3. Thereby deposit in the chamber and on the periphery of a susceptor can be etched in a short time, with high efficiency.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

特開平8-22981

(43) 公開日 平成8年(1996)1月23日

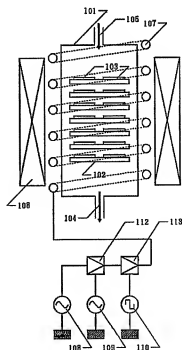
(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065				
C 2 3 C 16/50				
C 2 3 F 4/00		A 9352-4K		
H 0 1 L 21/205				
			H 0 1 L 21/ 302	B
			審査請求	未請求 請求項の数 4 F D (全 6 頁)
(21)出願番号	特願平6-180948		(71)出願人	000153878
				株式会社半導体エネルギー研究所
(22)出願日	平成6年(1994)7月7日			神奈川県厚木市長谷388番地
			(72)発明者	坂間 光範
				神奈川県厚木市長谷388番地 株式会社半
				導体エネルギー研究所内
			(72)発明者	深田 武
				神奈川県厚木市長谷388番地 株式会社半
				導体エネルギー研究所内
			(72)発明者	島田 浩行
				神奈川県厚木市長谷388番地 株式会社半
				導体エネルギー研究所内
最終頁に続く				

(54) 【発明の名称】 減圧CVD装置のクリーニング方法

(57) 【要約】

【目的】 減圧CVD装置において、効果的にプラズマクリーニングをおこなう方法を提供する。

【構成】 減圧CVD装置において、チャンバーの周囲にプラズマを発生させるための電極を設けて、該電極に低周波（周波数、1k～1MHz）によって振幅変調した高周波（周波数、10～100MHz）を極低周波（周波数、1～200Hz）の繰り返し周波数でパルス変調したものを印加することによって、プラズマを発生させ、クリーニングをおこなう。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 減圧CVD装置のチャンパー周囲に設置された、チャンパー内部にプラズマ放電を誘導する電極を有し、

前記電極に高周波電力を印加することによってプラズマを発生させて前記チャンパーに付着した被膜を除去する方法において、

高周波電力は極低周波の繰り返し周波数のパルスであり、かつ、低周波の振幅変調がなされていることを特徴とする減圧CVD装置のクリーニング方法。

【請求項2】 減圧CVD装置のチャンパー周囲に設置された、チャンパー内部にプラズマ放電を誘導する電極と、

前記電極から極低周波の繰り返し周波数で高周波電力を前記電極に作用させることによってプラズマを発生させることによって、前記チャンパーに付着した被膜を除去する方法において、

前記高周波電力は低周波の振幅変調がかけられていることを特徴とする減圧CVD装置のクリーニング方法。

【請求項3】 請求項1もしくは2において、極低周波は周波数が1~200Hz、低周波は周波数が1k~1MHz、高周波は周波数が10~100MHzであることを特徴とする減圧CVD装置のクリーニング方法。

【請求項4】 請求項1もしくは2において、エッチングガスとして、CF₄、SF₆、NF₃から選ばれた少なくとも1種類を用いることを特徴とする減圧CVD装置のクリーニング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、減圧(LP)CVD装置のクリーニング方法およびその目的に適した減圧CVD装置の構造に関する。特に本発明はチャンパー(反応管)のクリーニングを効果的にこなすことによって、生産性の向上を図ることを目的とし、このような目的に適合した減圧CVD装置のクリーニング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、半導体集積回路や薄膜トランジスタ等の半導体装置の製造における、単結晶シリコン半導体プロセス、多結晶シリコン半導体プロセスにおいて、熱酸化法や熱分解による気相成長法(熱CVD法)、特に、チャンパー内部を減圧にしておこなう減圧気相成長法(LP CVD法)がおこなわれている。このLP CVD法によって作製された結晶性を有するシリコン膜、酸化シリコン膜は緻密で膜質の優れたものが得られる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 LP CVD法では、チャンパー(反応管)内部に基板を設置し、原料ガスの雰囲気において、基板のみあるいはチャンパーごと分解温度まで加熱することによって成膜をおこなうものであ

2

る。理想的には基板のみで成膜がおこなわれることが望ましいのであるが、LP CVD法では成膜反応は原料ガスが接するチャンパー(反応管)の内壁においてもおこなわれている。つまり、原料ガスが接するところ全てにおいて堆積物が形成されている。そのため、何度か成膜をおこなうとチャンパーの内壁、セセプター等かなりの堆積物が生じてくる。特に、ホットウォール型LP CVD法においては顕著にその影響が現れている。

【0004】 このように、チャンパーの内壁、セセプター等かなりの堆積物が生じてくると堆積物が次第に剥離し始めて、フレーク(チャンパーからの剥離したダスト)が発生し、基板に落下したフレークによって膜質が悪くなることが問題となっていた。また、このようにチャンパー内壁等に堆積物が生じてくると、熱伝導率が異なってくる熱伝導の分布が変化して、成膜速度や堆積物の分布といった成膜の際の条件が微妙に変化しているといった問題があった。

【0005】 そのため、何度か成膜をおこなう度にチャンパーの内部をクリーニングする必要がある。従来において、LP CVD装置のチャンパークリーニングはウェットエッチングによっておこなわれていた。このウェットエッチングは装置を分解して作業する必要があった。また、ウェットエッチングの際には、誤ってチャンパーを破壊するリスクもあった。

【0006】 加えて、ウェットエッチングをおこなうとチャンパーや石英反応管、セセプター等が著しくオーバーエッチされ、ウェットエッチングの回数が増加すると、これらの交換が必要であった。これらの理由からクリーニングの頻度は極めて低かった。このように、クリーニングの間隔が極めて長いので、クリーニングの前後ではチャンパー内壁に付着していた被膜の厚さが大きく異なった。このため、クリーニング直前と直後にはチャンパー内の温度分布等が大きく異なり、成膜速度や膜質に大きな違いが見られた。このため、エッチングをおこなった後には必ず複数回の成膜をおこなって、条件だしをおこなう必要があった。これらのようなことは、製造工程上かなりのロスとなり、生産性を考慮した場合好ましいものではなかった。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明は、チャンパー内部にプラズマを発生させて、チャンパー内壁その他のドライエッチングをおこなう、これによってチャンパー内部のクリーニング(プラズマクリーニング)をおこなうものである。しかも、プラズマを発生させるための誘導電極に投入する交流としては高周波を用い、かつ、このとき用いられる高周波は1kHz~1MHzの低周波で振幅変調されたもので、なおかつ、1~200Hzの極低周波の繰り返し周波数でパルス変調されたものを用いることによって、効果的にチャンパー内部のクリーニングをおこなうものである。ここで用いられる高周波とし

3

ては10~100MHz、好ましくは、10~50MHzとする。

【0009】

【作用】これらの同波数のうち、低周波は、エッチングガス分子の会合（分子間の弱い結合）を分析するのに寄与し、チャンパー内のエッチングガス分子の濃度差の均一性を向上させる上で効果がある。また、高周波は、エッチングガスの分子内結合を分析するのに寄与して、イオン活性種（ラジカル）を発生せしめる。また、極低周波によってパルス変動すると、エッチングの均一性が向上する。その理由は明らかではないが、上述の如く、極長波以外の電磁波によって、励起されたイオン活性種が、パルス放電によって、瞬時的にチャンパー内壁にまで到達し、これをエッチングするためであろうと推測される。本発明では、定常的な放電を用いたエッチングと比較して、プラズマの回り込みが良好であり、エッチング残りが少ないことが特色であった。

【0008】パルス放電の周期を表すものとして duty 比を用いられる。duty 比とは、（放電時間/（放電時間+休止時間））を示すものである。例えば、パルス周波数100Hzで duty 比を10%としたパルス放電の場合は、1msecの放電と9msecの休止とを繰り返す放電形態となる。

【0009】放電が休止している状態のときプラズマの発生がおこなわれていないので、このときの duty 比によってエッチングの状態が制御される。つまり、この duty 比を最適化することによって、エッチングガスが基板に吸着する以前の成膜空間中における反応を制御することができる。この duty 比は10~70%が好ましい。最適の duty 比は、エッチングガスの種類、エッチングガスの流量や、電極間の距離に応じて決定すればよい。

【0010】図4に本発明に用いる高周波の発生装置および高周波の強度の様子を示す。図4に示す本発明で用いるのに適した高周波電力の発生装置に関するものがあるが、図4に示された構成以外の装置によっても同様な高周波を発生できることは言うまでもない。図4(A)は高周波発生装置であり、図4(B)は各段階における高周波の様子を示す。高周波発振器1によって発生した正弦高周波（例えば、周波数13.56MHz）は、図4(B)のaのような波形である。このような高周波は次段の振幅変調器（AM変調器）4におくられる。振幅変調器4としては、増幅率を外部の信号によって変化できる高周波増幅器を用いればよい。

【0011】一方、低周波発振器2からは正弦低周波（例えば、200kHz）が発生し、これは振幅変調器4に送られる。そして、振幅変調器4では低周波信号に応じて、高周波が振幅変調される。振幅変調器4からの出力波形は図4(B)のbのようになる。上記の振幅変調の過程において、変調率は50%以上あることが好ま

4

しかった。しかしながら、高調波成分の発生を防止するため、100%以上の過変調は避けると良い。さらに、パルス発振器3からは極低周波（例えば、50Hz）のパルスが発生し、パルス変調器5において、高周波電力のオン/オフがおこなわれる。このようにして発生した高周波電力は図4(B)のcに示したような波形である。パルスのオン/オフの境界部分を拡大したものは同図c'のようになる。

【0012】

【実施例】

【実施例1】図1に本発明の概略を示す。本実施例は、本発明を備えたホットウォール型LPCVD装置において、多結晶シリコン膜の成膜後にプラズマクリーニングをおこなう例である。

【0015】図1において、縦型の真空容器101（石英反応管）内に基板103を設置する石英ポート102が複数存在している。石英ポート102はパッチ式であり、複数枚の基板を設置できるようになっている。石英反応管101には、反応管101内部を減圧せしめるための真空系104、そして、原料ガスを導入するガス導入系105が備え付けである。そして、石英反応管101の周囲は、基板103を加熱し、熱分解するためのヒーター106が取り付けられている。

【0016】また、そのヒーター106の内側には、プラズマクリーニングをおこなうためのプラズマを発生させるために、コイル状の誘導電極107が設けられている。そして、この誘導電極107には交流を供給するための高周波電源が設けられている。ここで使用される誘導電極107には、低周波（1k~1MHz）で振幅変調された高周波（10~100MHz）の極低周波（1~200Hz）の繰り返し周波数のパルス電力が投入される。高周波電源においては、高周波発振器108、低周波発振器109、極低周波パルス発振器110と、振幅変調器112、パルス変調器113が設けられている。

【0017】本実施例においては、本装置によって多結晶シリコン膜を成膜することにプラズマクリーニングをおこなった。基板における多結晶シリコン膜の膜厚は1000Åとした。このとき、プラズマを発生させるために供給した交流は、それぞれ、極低周波パルスとして50Hzの矩形パルス、低周波として200kHz、高周波として13.56MHzを使用した。また、ここで極低周波のパルス放電は duty 比が50%となるようにおこなった。

【0018】また、このときプラズマクリーニングのためのエッチングガスとしてCF₄、SF₆、NF₃の、うちから選ばれた少なくとも1種類を使用できるが、本実施例においてはCF₄を用いた。以上の条件においてチャンパーを減圧し、エッチングガスを導入してプラズマを発生させてプラズマクリーニングをおこなった。こ

5

の場合、石英反応管内のクリーニングに要した時間は1分～5分程度であった。また、このとき、プラズマが均一に発生して、最小限のオーバーエッチングで済んだため、効果的にエッチングがおこなわれた。さらに、本実施例において、成膜毎、5回および10回毎にプラズマクリーニングをおこなった比較した。この結果、成膜する回数によって堆積物が比例的に増加するため、一度のクリーニングに要する時間も比例的に増加した。また、エッチングの均一性も悪化する傾向が認められた。

【0020】さらに、このようにクリーニングをおこなう間隔を変化させて、繰り返し成膜をおこなった場合における成膜速度や成膜した膜の膜厚の分布の変化について調べたところ、クリーニングをおこなう間隔が長いほど成膜速度や膜厚の分布に乱れが生じることが分かった。このことは、堆積物によって熱伝導にばらつきが生じるために、反応の状態に変化が生じてくるためと考えられる。このことから、クリーニングの間隔を短くして頻繁におこなうことによって安定した成膜がおこなえることが判明した。

【0021】一方、同じ装置を用いて同様に多結晶シリコン膜の成膜をおこない、比較のために、1.3、5.6 MHzの放電のみをおこなった。この場合のクリーニングに要した時間は、それぞれにおいて、10分～1時間程度であった。エッチングが不均一であるため全体のエッチングが完了するまでに時間がかった。また、このエッチングの不均一性のため、成膜とプラズマクリーニングを繰り返し実施すると、膜の均一性が損なわれることが認められた。以上のように、本発明のように高周波低周波で振幅変調し、かつ、それを極低周波の繰り返し周波数でパルス放電させることが、プラズマクリーニングをおこなうのに効果的であった。

【0025】本実施例から明らかにあるが、プラズマクリーニングは、従来のウェットエッチングとくらべて容易に実施することができる。そのため、従来のようにある程度の厚さの堆積物が生じてからクリーニングをおこなうのではなく、本実施例のように成膜毎にクリーニングをおこなうことが可能である。成膜毎にクリーニングをおこなうことは面倒なようにも思えるが、クリーニングに要する時間は数分であり、本実施例のように多数の基板を一度に処理できるパッチ式の装置においては問題とならない。また、このクリーニングをおこなって堆積物を除去しておけば、時間の短縮だけではなくチャンパー内部に堆積物がない状態で成膜できるため、毎回同じ条件で成膜することができて安定した成膜が可能となる。

【0026】【実施例2】図2に本発明の概略を示す。本実施例は、本発明を備えたコールドウォール型LPCVD装置において、多結晶シリコン膜の成膜後にプラズマクリーニングをおこなう例である。

【0027】図2において、真空容器201（チャンパ

6

ー）内に基板202を設置するサセプター203が存在している。サセプター203には1枚、もしくは数枚の基板が設置できるようになっている。なお、サセプター203には基板を加熱し、熱分解をおこなうためのヒーター204が設置されている。また、チャンパー201には、チャンパー201内部を減圧させるための真空系205、そして、原料ガスを導入するガス導入系206が備えつけてある。

【0028】そして、チャンパー201の周囲には、チャンパー201を冷却するために水冷管207が付いている。そしてその周囲には、プラズマクリーニングをおこなうためにプラズマを発生させるための誘導電極208が設けられている。この誘導電極208は、図3に示すように、チャンパー201の周囲を囲むように複数、本実施例においては6本設置されている。この誘導電極208の数はチャンパー201の大きさによって異なってくる。

【0029】そして、この誘導電極208には交流を供給するための交流電源が設けられている。このとき、電極の構成として電極間を接続し、一つの交流電源によって交流を供給してもかまわないし、また、電極それぞれ独自に交流電源を備えていてもかまわない。各電極間に適当な位相差を設定してもよい。本実施例においては誘導電極208には、低周波（1k～1MHz）で振幅変調された高周波（10～100MHz）の極低周波（1～200Hz）の繰り返し周波数のパルス電力が投入される。交流電源においては、高周波発振器209、低周波発振器210、極低周波パルス発振器211と、振幅変調器212、パルス変調器213が設けられている。

【0030】本実施例においては、実施例1とは異なり、多結晶シリコン膜の成膜を20～40回おこなった後に、プラズマクリーニングをおこなった。このように頻度が少なくても済むのは、本実施例の減圧CVD装置がコールドウォール型であるため、チャンパー内壁上付着する堆積物が実施例1のようなホットウォール型の装置よりも少ないためである。

【0031】本実施例では、上記の極低周波として100Hz、低周波として300kHz、高周波として1.3、5.6MHzを使用した。また、極低周波のパルス放電はduty比が10％となるようにおこなった。また、このときプラズマクリーニングのためのエッチングガスとしてCF₄を用いた。この結果、実施例1と同様に、1～5分程度のクリーニングをおこなうことによって、効果的にチャンパー内部の堆積物のエッチングをおこなうことが出来た。

【0032】

【発明の効果】本発明のように、低周波の振幅変調した高周波の極低周波の繰り返し周波数によるパルス放電によって発生させたプラズマによって、プラズマクリーニングすることによって、チャンパー内部およびサセプ

7

一周辺の堆積物を効率よく、短時間でエッチングすることができる。また、本発明は従来のウエットエッチングに比べて容易におこなうことが出来るため、頻繁にクリーニングする事が可能となった。そのため、成膜する度に、もしくは2〜3回毎にクリーニングをおこなっていれば、堆積物による熱伝導のばらつきを抑えることができ、同じ条件での成膜をおこなうことが出来る。さらに、本発明はクリーニングに要する時間の短縮、手間の省略ばかりでなく、頻繁におこなうことによって常に一定の膜質を維持することに対して有効である。このように、本発明は生産性を上げるために有効で、工業上、有益な発明である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例1の構成を示す。

【図2】 実施例2の構成を示す。

【図3】 実施例2の装置の上面図を示す。

8

【図4】 本発明の高周波発生装置および発生した高周波波形の例を示す。

【符号の説明】

101・・・石英反応管

102・・・石英ボード

103・・・基板

104・・・排気系

105・・・ガス導入系

106・・・ヒーター

107・・・誘導電極

108・・・高周波交流電源

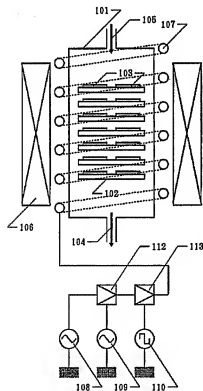
109・・・低周波交流電源

110・・・極低周波パルス電源

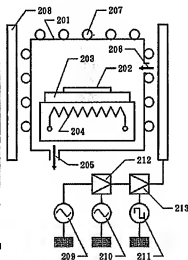
112・・・振幅変調器

113・・・パルス変調器

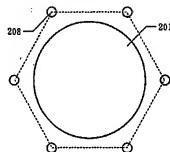
【図1】



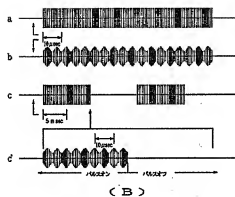
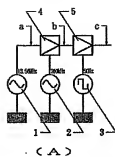
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 竹村 保彦
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半
 導体エネルギー研究所内